# オーディオ技術ルネサンス・源への回帰

## 第2回 自分のための設計

米谷淳一 YONETANI Junichi

私たちがオーディオ技術に触れ始めたときには，すでに豊富な作例と製品が存在していました．その型を倣うことによって，仕様決めなどにほとんど頭を悩ますことなく，最小の苦労で素晴らしい成果を手中にすることが可能になっていました．諸先輩のような，他者のための機器を創ることのできる力は，単に最高の性能の装置を作ることとはまったく異なる力量です．いつの日かそのような力を自分も授かることが叶いますよう，まずは出発点として，自分のための1台を設計するところから始めてみたいと思います．自分ならではの1台を設計しようとするとき，必要となるのは自分にとっての目的目標です．そこからそれを実現するための方法，手段を原理原則から考察し，現在のオーディオシステム環境に適合する装置を，そこからこれから向かうべき未来形とは何かを，わずかでも模索できたらと思います．

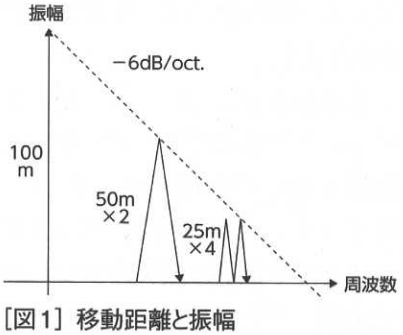
### オーディオの力学

家庭用電源を用いて動電型スピーカーを駆動するためのアンプを作る，というのが本記事の主旨ですが，ではどの程度の性能を求めるのかというのが，機器全体の規模を決定することになります．スピーカーの振動板という現実の質量をもった物体を動かすためには，当然力が必要になります．その力をどの程度必要とするのかを，一番最初に決めなくてはなりません．力自身には形がありませんので，私たちは力の現れを一つの目印，指標にして取り扱っています．さまざまな指標がありますが，オーディオでは振動を1秒間あたりの回数で計るという指標があるので，これに合わせて1秒という単位時間あたり，という指標を用いてみます．

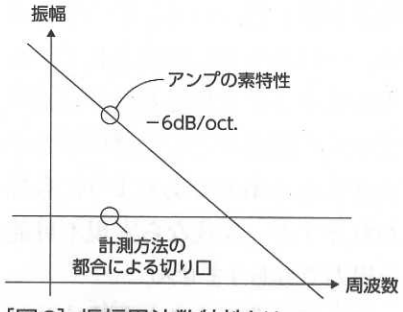
車や航空機などの性能比較を行うときに，最高時速を示すことがあります．これは摩擦などの抵抗に打ち克ってどのくらいの速度に到達できるかで，力の大きさを比較してみようというものです．時速90kmは秒速25m，時速360kmなら秒速100mです．ここでは秒速100mで考えることにしましょう．1秒で100m先へ行ける．同じ条件で推進力が大きければ，同じ単位時間内により遠くへ到達できる，ということです．

スピーカーにこれを当てはめると，スピーカーとは振動板の往復運動で気圧の疎密を作り出す仕組みです．秒速100mで1往復できるのは50mで折り返した場合です．1秒間に1往復なので，これは1Hzであり，その振幅は50mということになります．では2往復ならどうなるか．25mで折り返せば2回往復できます．これは2Hzであり，その振幅は25mです．周波数が2倍になると振幅が半分になります．往復回数にかかわらず1秒間に100m移動するということは何も変わっていません（**図1**）．

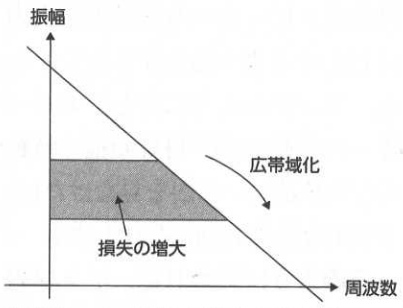
最大出力とは，ただ一つの値です．その値に対して1秒あたりの往復回数を増やすと，その振幅は右下がりの線を描きます．私たちは通常，アンプやスピーカーを横一文字の周波数特性と捉えていますが，移動距離一定で往復回数を増やすと，その振幅は右下がりに減少するという何の変哲もない基本の姿を真横に切って，その断面を眺める計り方をしているという




[図1] 移動距離と振幅




[図2] 振幅周波数特性とは




[図3] アンプ側からだけ見てしまうと

ことです（図2）．この指標に基づいて振幅周波数特性の拡大を目的とした場合，効率の低下だけが生まれ，不合理になります（図3）．

## 負荷は与えられているか

回路内部では質量がほとんど0に近い電子の流れだけなので，現代のインターネットのように，地球上のどこへも瞬時に情報を伝達する，あたかも瞬間移動のようなふるまいを眼にすることができますが，スピーカーのような現実の質量を持つ負荷を与えると，状況は一変します．

目標点に瞬間移動してくれるわけではないので，加えられた力の大きさに応じた遅延時間で到達するようになります．その遅れはやはり右下がりの線を描くわけですが，現在の計測では真横に切断して眺めるので，高域になればなるほど，位相が回転するというのは，実際には計り方がそう見せているにすぎません．機器の測定はしばしば，現実の目的となる負荷を与えていない状態のものが混在しているため，性能差を見出すことが非常に困難になっています．

軽自動車も大排気量の車も100km/hで巡航することは容易です．この状態での性能比較はきわめて困難です．しかしながら，その速度への到達時間の差があり，それを私たちは品質の違いとして体感でも捉えています．同じく，目的はスピーカーの振動板を入力に対応するよう動かすことですから，アンプの入力に対し，スピーカーの振動板が，自身の描く軌跡のどの位置にいるかを見なければ，合目的な性能評価になりません．

このように眺めれば，アンプの根本的な性能とは負荷に与えることのできる力の大きさで決定され，振幅周波数特性も歪みも力の大きさで決定されることがわかります．アンプにおけるそれは電流が定め，負荷が決まれば，それを実現する電圧が導き出されます．

## 負荷を動かすのはアンプではない

負荷に加えられる力は電源から供給されます．それはさまざまな物理エネルギーをもって発電するところから始まります．送電変電を繰り返し，次第にエネルギーは分割分散されながら家庭内に引き込まれます．家庭内のコンセントからケーブルを介してアンプ装置に接続され，変圧・整流そして能動素子による制御をへて，ふたたびケーブルを介して負荷であるスピーカーに接続されています．

先の項での結論から，大きい力を負荷に加えられることが性能を決定するので，法規内で考えるなら，100V/15Aが一つのコンセントに許容された一般家庭に可能な最大の力ということになります．もっとも電灯線はその電力を超すと，突然エネルギーが枯渇してしまうようなレギュレーションではありませんが，その値のところに法的なリミッターを設けてあるとお考えください．ステレオアンプを想定すると，チャンネルあたり750Wが上限ということになります．コンセントを増やすことでこの上限は引き上げ可能ですが，すべてのコンセントは電力計の元に集中するので，一戸あたりに供給されている力の大きさが変わるわけではありません．家庭用としてはいささか大きすぎる出力であるようにも思われますが，現代なら実現不可能な出力でもありません．

ここで負荷の大きさを決めればよいわけですが，現代のマルチユニットのスピーカーは公称8あるいは6Ωと記載されていても，周波数によって2Ω程度に低下するものが散見されます．余裕を持たせて1Ωまで対応と考えると，2Ω時に375W，4Ω時には187.5W，8Ω時には93.75Wと常識的な値になります．

アンプ回路とは，このエネルギーをただ削ぐ一方のものです．エネルギーを生み出すことはできません．振幅周波数特性の項で述べたとおり，アンプにとって高性能を謳うものは，力の視点から眺めると損失の大きいものになります．負荷に加える力を少しでも無駄にしないためには，回路の損失を限りなく少なくすることに注力した設計をしたいと思います．

車のエンジンにおいて，ピストンの平行運動を回転運動に変換するクランクで発生出力の25%が削がれてしまうように，オーディオ用途で交流を直流に変換する変圧・整流回路は，交流のエネルギーを十分に受け渡すには向かない構成が主流になっています．楽々750Wを通過させられるものを作るうえで，それは無視できません．

電源ケーブルやスピーカーケーブルの直流抵抗も無視できないため，非常に太い立派な製品が市場にたくさん用意されています．しかしながら，それらの接点であるプラグやソケット，ターミナルの接触は，それらの努力を無に帰してしまいかねないほど劣悪な場合があります．

半導体素子については，近年スイッチング用途に合わせて非常に低損失なものが増えてきました．スイッチング用途ではON/OFFだけなので素子の損失は少ないのですが，アナログアンプ用途では二値ではないので，損失のため，

### 原理仕様（図6）

ただ，これとは別に増幅の原点に立ち返った1台を提案しておきたいと思います．電圧伝送とは可能な限り高い入力インピーダンスで受けることです．これはエネルギーのやり取りがほとんどない，ということです．エネルギーのやり取りがなければ，信号は遅れず，変形しません．インターネットを介して地球のあらゆる場所に瞬時に情報を送り届けることができるのは，信号伝送にほとんどエネルギーのやり取りを必要としないからです．

そこで，まず信号を可能な限り高い入力インピーダンスのアンプで受けます．そして出力は先の基本回路図のドレイン側にカレントミラーを挿入し電流出力とします．この電流出力を低抵抗のボリュームに与えて電圧に変換します．音量調整用Aカーブの低抵抗値品で入手しやすいのは600Ω規格のものですので，これを用います．このボリュームの両端を出力とするものです（**図7**）．

この構成は送り出し機器からは情報だけを受け取り，エネルギー源を再構築するというアンプ本来の働きを明確化したものです．送り出し機器内部の電流源よりもアンプで再構築される電流源のほうが大きいのでなければ，あえてアンプを挿入する必要はないでしょう．

## 整流回路2題

### コンデンサーインプット

電源は，まず大容量のコンデンサーインプットとします．整流回路はこのような低電圧大電流を目的にした回路の場合，整流ダイオードの$V_F$の損失も無視できません．そこで近年のスイッチング電源に用いられている，同期整流回路で，ダイオードの代わりに超低損失なMOS-FETを用います．

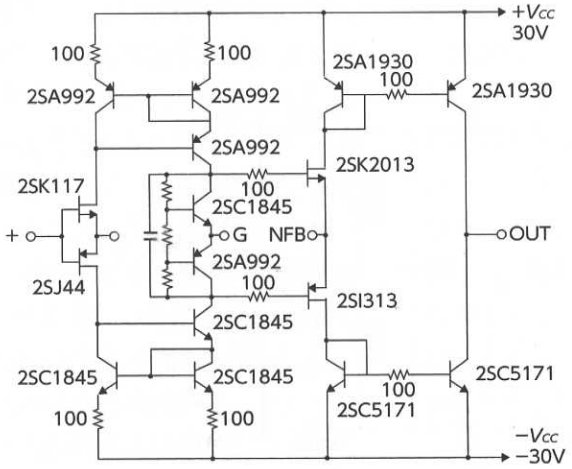
### チョークインプット

これとは別に電源の原点に立ち返った構成を提案しておきます．現代では数万μFのコンデンサーは苦もなく手にすることができますが，私が最初に見た真空管アンプでは10μF程度のコンデンサーでパワーアンプが動作していました．当時高圧大容量のコンデンサーを作ることが困難だったからですが，その小容量での実用を可能にしていたのがチョークインプット回路でした．

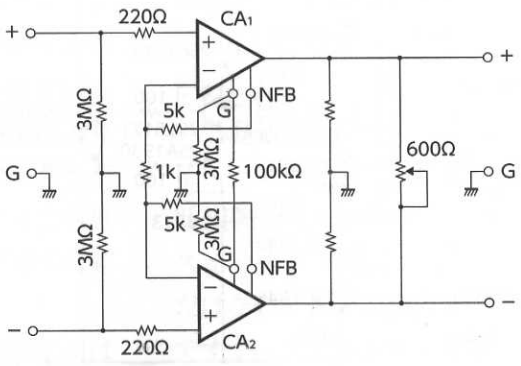
電源のコンデンサーは車でいうところのフライホイールです．大容量のコンデンサーは大質量のフライホイールと同じです．したがって回路への充電電流は電源電圧波形の頂点付近の一瞬のみで，あとはフライホイールが蓄積したエネルギーで回路は動作しています．しかし，電源ライン側からみれば，大容量のコンデンサーは重く，電源電圧波形の頂点付近の非常に短い時間にエネルギー伝達を行わなければならないため，電源電圧波形の頂点付近のみに多大な負担を与え，その反作用である高調波汚染をばらまくことになります．

これに対し，チョークインプットは電源電圧波形に沿ってフライホイールをずっと同伴し続けながらエネルギーを伝えるため，電源に与える偏った負担を減じ，同じトランスからより多くの電流を取り出すことができる仕組みです．偏った負担を少なくし，より高効率な電力伝送が可能なチョークインプット方式の電源を，先の標準回路に対するカウンターとして提案しておきます．

これで2種の，現代の非常にスタンダードな構成のボリューム受け・低インピーダンス送りアンプ＋大容量コンデンサーインプット＋同期整流回路と，ハイインピーダンス受け，電流出力600Ωボリューム受けアンプ＋チョークインプット小容量コンデンサー＋同期整流回路，となります．（続く）




[図6] 電流駆動アンプ




[図7] 原理型